

DIALOG(R)File 352:DERWENT WPI  
(c)1999 Derwent Info Ltd. All rts. reserv.

008256892 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 90-143893/199019

XRAM Acc No: C90-063169

XRPX Acc No: N90-111420

Semiconductor device mfr. - in which no oxygen pptn. occurs on heat treatment

Patent Assignee: HITACHI LTD (HITA )

Number of Countries: 001 Number of Patents: 001

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Main IPC	Week
JP 2090531	A	19900330	JP 88241109	A	19880928		199019 B

Priority Applications (No Type Date): JP 88241109 A 19880928

Abstract (Basic): JP 2090531 A

Process makes an ingot consisting of silicon monocrystal and cuts the ingot in the direction intersecting the axis to make wafers and carries out predetermined treatment on the main surface of the wafer to make the semiconductor device. On making the ingot or after making the wafer, oxygen concn. between lattices of the ingot peripheral surface surface layer or wafer peripheral surface surface layer is made so oxygen pptn. hardly occurs in the heat treatment process. The concn. is approximately  $8 \times 10^{17}$  atoms/cm<sup>2</sup>.

USE/ADVANTAGE - No oxygen pptn. occurs on heat treatment. Yield ratio is improved. (11pp Dwg.No.1-4/10)

Title Terms: SEMICONDUCTOR; DEVICE; MANUFACTURE; NO; OXYGEN; PRECIPITATION;

OCCUR; HEAT; TREAT

Derwent Class: J04; L03; U11

International Patent Class (Additional): C30B-029/06; C30B-033/02;

H01L-021/32

File Segment: CPI; EPI

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平2-90531

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)3月30日

H 01 L 21/322

Y

7738-5F

C 30 B 29/06

8518-4G

33/02

8518-4G

H 01 L 21/20

7739-5F

審査請求 未請求 請求項の数 7 (全11頁)

⑮ 発明の名称 半導体装置の製造方法およびウエハ

⑯ 特 願 昭63-241109

⑰ 出 願 昭63(1988)9月28日

⑱ 発 明 者 金 井 明 群馬県高崎市西横手町111番地 株式会社日立製作所高崎工場内

⑲ 発 明 者 梅 村 信 彰 群馬県高崎市西横手町111番地 株式会社日立製作所高崎工場内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 小川 勝男 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

半導体装置の製造方法およびウエハ

## 2. 特許請求の範囲

1. シリコン単結晶体からなるインゴットを製造する工程と、前記インゴットをその軸に直交する方向に順次薄く切断してウエハを製造する工程と、このウエハの主面に順次所定の処理加工を行って半導体装置を製造する半導体装置の製造方法であって、前記インゴット形成の際またはウエハ形成後、前記インゴット周面表層部またはウエハ周面表層部の格子間酸素濃度を後工程における熱処理を伴う加工時に酸素の析出が起き難い濃度に形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

2. 前記インゴット周面表層部またはウエハ周面表層部領域の格子間酸素濃度を $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後以下とするとともに、前記ウエハ周面表層部から内側の領域の格子間酸素濃度を $8.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後

から $12.6 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後の範囲としたことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の半導体装置の製造方法。

3. 前記ウエハ周面表層部領域の格子間酸素濃度を $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後以下とするとともに、前記ウエハ周面表層部の内側の領域の格子間酸素濃度を $10.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後から $12.6 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後の範囲としかつ半導体装置製造時、熱処理用治具に林立配設する前記ウエハの間隔を従来に比較して広くまたは、処理炉への前記ウエハの挿脱速度を従来に比較して遅くもしくは前記ウエハの挿脱時の処理炉の温度を従来に比較して低く設定することによって、前記ウエハに加わる熱の影響を緩和させることを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の半導体装置の製造方法。

4. シリコン単結晶体からなるウエハの周面表層部の格子間酸素濃度は前記ウエハの中央部分を含む他の領域よりも低くなっていることを特徴

## 特開平2-90531(2)

とするウエハ。

5. 前記ウエハの格子間酸素濃度の高い領域の格子間酸素濃度は、 $8.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$  前後から  $12.6 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$  前後に及ぶ範囲となっており、前記格子間酸素濃度が低いウエハ両面裏面部の格子間酸素濃度は  $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$  前後以下となっていることを特徴とする特許請求の範囲第4項記載のウエハ。

6. イントリンシックゲッターリング技術が行なえる格子間酸素濃度の高いシリコン単結晶板と、このシリコン単結晶板の面に張り付けられた格子間酸素濃度が低いシリコン単結晶板とからなるウエハ。

7. 前記格子間酸素濃度が低いシリコン単結晶板はCZ法またはFZ法によって製造されたものでありかつ格子間酸素濃度は  $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$  前後以下となっていることを特徴とする特許請求の範囲第6項記載のウエハ。

### 3. 発明の詳細な説明

リコン単結晶板、単に基板とも称する。)は、前記FZ法によるウエハに比較して熱処理によって転位(スリップ)等の結晶欠陥や反りが発生することが少なく熱的に強い。この結果、シリコンを用いる半導体装置の製造にあっては、CZ法によるウエハが多用されている。CZ法によって製造されたシリコン単結晶(インゴット)は、単結晶製造時にルツボから溶け出した酸素が単結晶内に入り込む特徴がある。そして、この酸素の含有量、すなわち、格子間酸素濃度は半導体装置の特性、品質、製造歩留りに大きく影響する。

通常、半導体装置製造にあって、プロセスでの汚染によって酸化誘起積層欠陥がウエハ(基板)内部に発生するのを防止するため、汚染重金属等をゲッターするのに必要な結晶欠陥をバルク内部に作り込むイントリンシックゲッターリング技術が多用されている。このため、一部のプロセスではイントリンシックゲッターリング技術が適用できるように、基板の格子間酸素濃度が  $8.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$  以上の基板を使用している。

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体装置(半導体デバイス)の製造方法およびその製造で用いられるシリコン単結晶板からなるウエハに関し、特に、機械強度が強くかつ製造工程における熱処理工程で発生する熱応力転位の発生をウエハの両面裏面部で抑制でき、さらに必要に応じて工程の汚染等起因して発生する酸化誘起積層欠陥の発生も防止できる半導体装置製造技術に関する。

(従来の技術)

半導体装置(半導体デバイス)の製造において使用される半導体の一つとして、シリコン(Si)が知られている。このシリコンは、ルツボ内のシリコン融液に種結晶の先端を浸け、種結晶やルツボを回転させつつ種結晶を引き上げながら単結晶を種結晶の下に成長させるCZ(Czochralski)法や、多結晶棒状体を高周波コイルで順次加熱することによって単結晶化するFZ(Float Zone)法が知られている。

前記CZ法によって製造されたウエハ(薄いシ

一方、ウエハの製造技術面において、現状では、各結晶メーカーとも基板面内での格子間酸素濃度を均一化する方向が主流である。したがって、後述する本発明の場合とは逆にウエハは、その全域が略同一値の格子間酸素濃度となっている。なお、シリコン中の酸素の影響については、日本エス・エス・ティ株式会社発行「ソリッド ステートテクノロジー(solid state technology)日本版」1987年4月号、P431~P49に記載されている。

他方、ウエハ(シリコン単結晶板)の強度を向上させるために、2枚のシリコン単結晶板を重ね合わせ(貼り合わせ)て1枚の単結晶を製造する技術が開発されている。この技術については特開昭60-236210号公報「半導体ウエハの接合方法」あるいは、特開昭61-256621号公報「接合型半導体基板の製造方法」等に記載されている。

(発明が解決しようとする課題)

上記のように、半導体装置製造プロセスでの汚

特開 2000-0531 (3)

染によって発生する酸化誘起積層欠陥を防止するため、基板（ウエハ）における格子間酸素濃度は  $8.5 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$  以上となっている。このように格子間酸素濃度が高くかつ均一に形成されたウエハは、前述のようにイントリンシックゲッタリング技術が適用される結果、ウエハの裏面および周面から酸素が外方拡散するとともに、ウエハの内部には略均一に酸素が析出する。そして、その後の半導体装置製造工程でウエハが熱処理されると、前記酸素析出物が基となって微小欠陥が発生する。この微小欠陥は、半導体装置製造工程で重金属でウエハが汚染されるようなことがあった場合、前記微小欠陥で前記重金属を捕獲（ゲッター）し、ウエハの主面のアクティブ領域の汚染を防止し、半導体装置の特性劣化を防止するようになる。

なお、イントリンシックゲッタリングにあっては、高温アニール処理では基板表面の酸素は外方拡散（アウトディフュージョン）するとともに、基板（バルク）内の酸素は析出する。また、低温

アニールでも基板内の残留酸素は析出物が形成される。さらに、半導体装置製造プロセスでの熱処理によって前記析出物が原因となって転位や酸化誘起積層欠陥等の結晶欠陥が発生する。

しかし、ウエハ内部に微小欠陥が存在するということは、機械的にはウエハの強度が低くなるということでもある。ウエハ強度が問題となると判明した作業の一つとしてウエハを炉（高温の処理炉）に入れる作業がある。炉体内にウエハを挿入する際は、ウエハの温度と炉体内の温度差が数百度以上と大きい場合、ウエハには熱応力が発生し、その値が臨界値を越えると熱応力転位が誘起される。特にウエハ周辺部にはその形状からして大きな熱応力が発生する。このため、前記微小欠陥が基となり、多量の熱応力転位が発生し、機械的強度はさらに弱くなる。第12図は半導体装置製造用のシリコン単結晶板からなるウエハ（基板）1の模式的断面図を、第13図は同じくそのウエハ1の主面の顕微鏡で観察できた状態を示す模式的な平面図である。第12図に示されるように、ウ

エハ1の内部には点々で示されるように結晶欠陥2が発生している。特に、ウエハ1の周辺部分では熱応力転位はウエハの厚さ（深さ）方向全体に発生するため、ウエハ1の主面周辺部分には、第13図に示されるように、熱応力転位としてのスリップライン3として現われる。この結果、ウエハ1はその周辺部分でこのスリップライン3に沿う方向に沿って割れ易くなる。なお、このウエハ1の主面の結晶面は（100）面である。また、ウエハ1の一端には結晶軸＜110＞に沿う結晶方向識別用のオリエンテーションフラット7が設けられている。したがって、ウエハ1の主面の結晶面が真なれば前記スリップライン3の現われる方向は真な方向となり、ウエハ1の割れ欠けはそのスリップライン3の方向に沿って生じることになる。

本発明者等の実験によれば、熱処理工程でウエハが熱に晒された際、酸素濃度が  $8.5 \times 10^{14} \text{ atoms/cm}^3$  程度から過剰な酸素析出がバルク内に生じ易くなるため熱応力転位が発生し易

くなることが判明した。

そこで、本発明者はウエハ周面表層部の格子間酸素濃度を低下させておけば熱処理時、ウエハ周面表層部では結晶欠陥が発生し難くなり、この結果としてウエハの機械的強度低下を抑制できるとに気が付き本発明をなした。

本発明の目的は機械強度の強いシリコンからなるウエハおよびその製造技術を提供することにある。

本発明の他の目的は、ウエハ主面に結晶欠陥が発生し難いウエハおよびその製造技術を提供することにより、品質の安定した半導体装置を高歩留りで製造できる半導体装置の製造技術を提供することにある。

本発明の前記ならびにそのほかの目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面からあきらかになるであろう。

（課題を解決するための手段）

本願において開示される発明のうち代表的なものの特徴を簡単に説明すれば、下記のとおりであ

る。

すなわち、本発明のウエハは、ウエハ周辺の周面表層部に、たとえば、 $0.1\text{mm}$ 程度の深さの強度維持層の格子間酸素濃度を、熱処理時、酸素析出が生じ難い $8 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 程度の濃度としてあるとともに、このウエハ周面表層部およびこのウエハ周面表層部から内部に至るわずかな遷移領域を除く部分の格子間酸素濃度を、プロセスの汚染物質をゲッターするに必要な $9.5 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 程度としてある。

#### 〔作用〕

上記した手段によれば、本発明のウエハはイントリンシックゲッタリング処理が適用できるように、基板の格子間酸素濃度を $9.5 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 程度としているが、基板周辺の表層部の格子間酸素濃度は $8 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 程度と低くしてあるため、半導体装置の製造でウエハに対してイントリンシックゲッタリング処理を行った場合、ウエハの周辺では酸素の析出が殆ど発生せず、その後の熱処理工程でもウエ

ハ周辺には結晶欠陥が発生しなくなり、ウエハ周辺の強度低下を阻止できることになり、結果としてウエハの強度低下を抑制できる。

#### 〔実施例〕

以下図面を参照して本発明の一実施例について説明する。

第1図は本発明の一実施例によって製造されたウエハの模式的平面図、第2図は同じく模式的断面図、第3図は同じくウエハ製造におけるシリコン単結晶体製造状態を示す断面図、第4図は同じくシリコン単結晶体を示す断面図、第5図は同じくウエハを熱処理した際の酸素析出量の初期酸素濃度依存性を示すグラフ、第6図は本発明によるウエハを使用して半導体装置を製造した場合におけるウエハ内部の結晶欠陥の発生状態を示す模式的断面図、第7図は同じく主面にスリップラインが発生しない状態を示すウエハの模式的平面図である。

本発明によって製造されたウエハ1、換言するならば、シリコン単結晶板（シリコン単結晶基板、

以下単に基板1とも称する。）は、第1図に示されるようなモデル的断面図で示される構造となっている。すなわち、ウエハ（基板）1は、たとえば、その厚さが $500\mu\text{m} \sim 700\mu\text{m}$ 、直径が6インチ程度となっている。そして、このウエハ1はCZ法によって製造されたシリコン単結晶体（インゴット）を薄く切断して形成されたものであり、ウエハ1、すなわち、基板1の格子間酸素濃度は $9.5 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 程度となっている。この格子間酸素濃度は、このウエハ1を使用してバイポーラトランジスタ等の半導体装置を製造する際、製造工程での汚染に起因する結晶欠陥の発生を、ウエハ1のアクティブ領域で抑えるべく、ウエハ1の内部で重金属等の汚染物質を捕獲（ゲッター）するような作用を生じさせるイントリンシックゲッタリング技術が適用できる濃度となっている。この格子間酸素濃度は、後述するように、 $8.5 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 前後以上であればよい。

また、これが本発明の特徴の一つであるが、第

1図および第2図に示されるように、このウエハ1のウエハ周辺、すなわちウエハ周面表層部には、格子間酸素濃度が $8 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 程度となる強度維持層4が設けられている。第2図で白抜きで示されるこの強度維持層4はその厚さa、すなわち、ウエハ1の半径方向に沿う厚さ（深さ）は $0.1\text{mm}$ 程度となっている。この強度維持層4の内側にはハッチングで示されるように、リング状に遷移領域5が設けられ、この遷移領域5の内側が、前述のように格子間酸素濃度が $9.5 \times 10^{11}\text{atoms/cm}^3$ 程度の、半導体装置製造に使用できる領域（第2図で点々が施されて示される使用領域6）となっている。前記遷移領域5は前記強度維持層4を形成する際必然的に発生する領域であり、たとえばその幅hはおおよそ $10\text{mm}$ 程度となっている。

ところで、本発明者は、実験により、第5図のグラフに示されるような結果を得ている。このグラフは、ウエハ1の初期酸素濃度と熱処理による酸素析出量との相関を示すグラフである。

特開 90531 (5)

本発明者等は基板(ウエハ)の格子間酸素濃度を変えた試料を作製して、強制的に酸素析出を生じさせる条件下にて酸素析出の生じ難い酸素濃度域を見出すことを試み、その結果として第5図のグラフで示される如き結果を得た。熱処理条件は750℃で酸素雰囲気中で4時間および1050℃で乾燥酸素雰囲気中で18時間とした。各試料について初期の格子間酸素濃度を測定し、熱処理後の格子間酸素濃度との差を引きから酸素析出量を求めた。格子間酸素濃度の測定にはフーリエ変換型赤外分光光度計を用い、吸収係数から酸素濃度への換算係数は $3.0 \times 10^{11}$ とした。初期酸素濃度が $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 以下の濃度の試料では、酸素析出量が約 $1 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 以下であることがわかった。上記実験から、特に基板周辺領域をリング状に $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 以下とすることにより、半導体デバイス製造工程の熱処理でウエハ周辺部に酸素析出が生じないため、酸素析出に伴う基板強度劣化を防止することができる。

のCZ法では、第3図に示されるような装置でインゴット10を製造する。すなわち、この装置は、シリコン単結晶からなる細い種結晶11の下端を石英製のルツボ12に収容されるシリコンの融液(シリコン融液)13中に入れた後、種結晶11を保持する引上機構の引上軸14をルツボ12に対して矢印で示すように、相対的に回転させながら徐々に引き上げ、種結晶11の下端に単結晶を成長させて単結晶15を形成する。単結晶15はルツボ12を加熱する図示しない加熱機構(ヒータ)の温度、引上軸14の上昇速度を適宜制御することによって、第4図に示されるようなインゴット10が形成される。

このインゴット10は、種結晶11から続く種結晶11と同じ直径の小径部17と、この小径部17に続き徐々に大径となるコーン部18と、このコーン部18に続きかつ同一直径を維持する直胴部19、さらには直胴部19に続いて急激に細くなって切れる尾部20とからなっている。

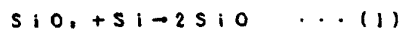
ところで、前記インゴット10の製造に用いる

このようなことから、第1図および第2図で示される本発明のウエハ1では、ウエハ周辺部には格子間酸素濃度が $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 程度と低い強度維持層4が設けられているため、熱が加えられても酸素の析出は殆どない。したがって、半導体装置製造プロセスで熱処理が施されても酸素の析出およびこの酸素の析出が基となって生じる結晶欠陥の発生は殆どなく、ウエハ周辺部分は結晶欠陥の発生による機械的強度の低下が起きない。この結果、ウエハ1の強度の低下は従来のウエハに比較して小さくなり、ウエハの割れ、欠けによって半導体装置の特性の劣化や品質の不安定化が抑制できるとともに、半導体装置製造歩留りの向上を達成できる。

つぎに、このようなウエハ1の製造方法について説明する。

前記ウエハ1は、第4図に示されるように、シリコン単結晶(インゴット)10を薄く切断することによって製造される。また、シリコン単結晶10を製造する方法としてCZ法がある。こ

ルツボ材料には高純度石英が使われているため、熔融シリコンと石英ルツボ壁が次の(1)式に従って反応してシリコン熔融液中に $\text{SiO}$ が溶け込む。



この結果、引き上げられる単結晶シリコン(単結晶15)中に酸素原子が取り込まれることになる。

引き上げ方向の単結晶中での酸素濃度を均一化するには、主にルツボ12の回転数を制御して常に単結晶中に取り込まれる酸素原子の量を一定にする手法が既に知られている。すなわち、格子間酸素濃度は、結晶引き上げ時の種結晶11の回転数を制御すること等によって、シリコン融液13と単結晶界面の境界層厚さ等をコントロールすればよい。

したがって、単結晶径(インゴット直径)に応じて、ルツボ回転数を適切に制御することにより、長さ方向の酸素濃度がほぼ一定な単結晶ブロック(インゴット10)を容易に平に入れることがで

きる。また、径方向の酸素濃度については、種結晶11の回転数を変えることにより制御可能である。種結晶11の回転を速くすれば、シリコン融液13と単結晶シリコンである単結晶体15の界面に単結晶体15の径方向外周側へ向かう強制対流21が生じ、単結晶シリコン外周部、即ち基板1の周辺領域になる位置の酸素濃度が中心部に比べて高くできる。すなわち、インゴット10の周面の格子間酸素濃度を低くしたい場合は、種結晶11の回転数を小さくしてルツボ12内に生じている二点領域で示される自然対流22を支配的にする。この結果、シリコン融液13の表面から酸素が蒸発し、酸素濃度の小さいシリコン融液13が単結晶体15の外周部に供給される。一方、逆に種結晶11の回転数を大きくすると、実験矢印で示されるように強制対流21が支配的になり、酸素濃度が高くなる。一般的なCZ法における引き上げ条件は、たとえば、格子間酸素濃度を $9 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3 \sim 10 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ とする場合、ルツボ回転数は10 r

p m、種結晶回転数は20 r p m、引き上げ速度は $\sim 1 \text{ mm/分}$ である。これに対して、実施例では、ルツボ回転数は10 r p m、種結晶回転数は5 r p m、引き上げ速度は $\sim 1 \text{ mm/分}$ とすることによって、単結晶体15の内部の格子間酸素濃度を $9.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 程度とし、外周部分のみを $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 程度とすることができる。

このようにして製造された第4図で示されるインゴット10は常用のスライシング技術によって薄く切断されてウエハとなる。また、このウエハの裏面は研磨、ポリシング等の裏面加工が行われ、表面が鏡面となった第1図および第2図に示されるようなウエハとされる。

このウエハは、半導体装置の製造において、最初にイントリンシックゲッタリング処理が施され、その後、ウエハの主面のアクティブ領域にバイポーラ・トランジスタやCMOS等が形成される。そして、前記半導体装置の製造におけるイントリンシックゲッタリング処理時、ウエハの周面の強度

維持層4部分では、格子間酸素濃度が $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ と低いことから、第5図のグラフでもわかるように酸素の析出は殆ど発生しないため、イントリンシックゲッタリング処理時、ウエハの周辺部分には微小欠陥は生じない。したがって、その後の半導体装置の製造工程で、ウエハに対して熱処理が施され、その際ウエハの周辺部に熱応力が加わっても該となる微小欠陥も存在しないため、熱応力転位も発生せず、結晶欠陥の存在による機械強度の低下も起きない。

第6図は主面裏面に形成されたバイポーラ・トランジスタやCMOS等を省略したウエハの内部状態、特に結晶欠陥の発生分布状態を示す模式的断面図である。同図に示されるように、本発明によるウエハにあっては、内部は点々で示されるように結晶欠陥2が存在しているが、裏面およびウエハの周辺部分は白抜き領域として示されるように、結晶欠陥は発生していない。これは第12図に示されるような、ウエハ周辺部に多量に結晶欠陥が発生してしまう従来のウエハの場合と

大きく異なる。したがって、従来のウエハの場合では、第13図に示されるように、ウエハの主面の周辺部分にスリップライン3が発生しているが、本発明によるウエハの場合は、ウエハの周辺の少なくとも強度維持層4の部分には酸素の析出はもとより結晶欠陥2が発生していないことから、酸化誘起積層欠陥等は発生せずウエハの主面には、第1図に示されるように、スリップライン3は現れない。このことは、本発明のウエハの周辺部分は、半導体装置製造の熱処理工程でウエハの周辺部分、すなわち、ウエハの周面からウエハの中心に向かう半径方向の深さ、たとえば0.1 mmの強度維持層4の領域では、結晶欠陥が発生しなかったことを意味し、ウエハの周辺部は結晶欠陥に起因する機械的強度の低下は起きなかったことを示す。そして、ウエハの周辺の強度低下が起きないことは、ウエハ全体の強度が低下したウエハに比較して強度が高く、ウエハは割れや欠けが発生し難いと言える。

したがって、このような強度維持層4を有する

ウエハを用いて半導体装置(半導体素子)を製造すれば、熱処理によるウエハの強度低下が低いことから、ウエハの割れ欠けが防止できる。またウエハの割れ欠けの発生はウエハのアクティブ領域の損傷低下にも繋がり、半導体装置の品質の向上および歩留りの向上が達成できる。

このような実施例によれば、つぎのような効果が得られる。

(1) 本発明による、シリコンウエハは、ウエハ周辺領域は酸素の析出が生じ難い格子間酸素濃度となっているため、イントリンシックゲッタリング処理を始めとする熱処理が行なわれた場合でも、ウエハ周辺領域では酸素の析出が生じない。この結果、熱応力が集中し易いウエハ周辺部分に転位等の結晶欠陥が発生しなくなり、ウエハ周辺部分の強度が殆ど劣化しないという効果が得られる。

(2) 上記(1)により、本発明のウエハはその周辺部分の機械的強度が熱処理によって低下しないため、割れや欠け等の損傷が起き難くなり、半導体装置の歩留り向上が達成できるという効果が

得られる。

(3) 上記(1)により、本発明のウエハはその周辺部分の機械的強度が熱処理によって低下しないことから、割れや欠け等の損傷が起き難くなり、直接目視できないウエハ主面のアクティブ領域の損傷が起き難くなるため、製造された半導体装置の信頼度が向上するという効果が得られる。

(4) 本発明のシリコンウエハはウエハの周辺領域を除く使用領域の格子間酸素濃度がイントリンシックゲッタリング技術を適用できる濃度となっていることから、イントリンシックゲッタリング処理した後は半導体装置製造プロセスでの工程汚染をゲッターすることから、半導体装置製造時酸化誘起積層欠陥の発生も併せて防止できる。したがって、半導体装置製造時結晶欠陥の少ない高品質なウエハ状態を常に維持できるという効果が得られる。

(5) 上記(1)～(4)により、本発明によれば、半導体装置製造時ウエハの高品質化、ウエハの機械強度低下防止が常に維持されることから、

品質の優れた半導体装置を高歩留りで製造できるとともに、半導体装置を安価に提供することができるという相乗効果が得られる。

以上本発明者によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることはいうまでもない。たとえば、シリコン単結晶体(インゴット)10の全体を、 $5 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 程度の格子間酸素濃度に制御しておき、その後、このインゴット10を、第8図に示されるように、加熱炉25内に収容し、前記加熱炉25の内部を非酸化性雰囲気にしかつ約1200℃で数十時間インゴット10をアニールする方法でもよい。これによって、インゴット10の表面近傍の格子間酸素が外方拡散させられ、表面近傍に低酸素濃度領域、すなわち、強度維持層4を形成することができる。すなわち、このインゴット10の両面表層部の格子間酸素濃度は $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となる。したがって、このインゴット

10をスライシングしてウエハを製造すれば、前記実施例同様に第1図および第2図に示されるような強度維持層4を有するウエハ1を得ることができる。

また、本発明の他の実施例としては、 $9.5 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 程度の格子間酸素濃度を有するインゴット10を切断して得られたウエハ1を熱処理することによっても得られる。すなわち、格子間酸素濃度が $9.5 \times 10^{13} \text{ atoms/cm}^3$ 程度となるインゴット10を切断してウエハ1を形成した後、このウエハ1を前記実施例と同様に、ウエハ1を非酸化性雰囲気中で約1200℃で数十時間アニールする。これにより、ウエハ1の表面近傍の格子間酸素が外方に拡散され、ウエハ1の表面に低酸素濃度領域、すなわち、格子間酸素濃度が $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 以下となる強度維持層4を得ることができる。このウエハ1は第9図に示されるような断面となり、ウエハ1の裏面および両面には微小欠陥は発生せず、内部の使用領域6にのみ汚染物質をゲッタ



リングする結晶欠陥2が発生することになる。

一方、前記実施例ではウエハの使用領域の格子間酸素濃度を $9.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ としたが、イントリンシックゲッターリング技術を適用する場合には、第5図のグラフからもわかるように格子間酸素濃度を $8.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後以上とすればよいことがわかる。また、これは、プロセス汚染ゲッター効果をも兼ね備えた基板(ウエハ)については、基板周辺領域と遷移領域を除く他の領域の酸素濃度下限値を他の実験から $8.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 程度以上とすることがよいことも裏付けられている。また、格子間酸素濃度が $10.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ までの基板は通常の熱処理条件でもウエハ周辺領域の熱応力転位発生状況はあまり大きくないが、それ以上の濃度では酸素析出が促進され基板強度の劣化が加速される。ただし、これは本発明者による実験で判明したことであるが、 $1.2 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ までの濃度の基板でも熱処理条件を緩和することにより周辺

領域以外での熱応力転位の発生を防止できる。

ウエハに加わる熱応力を緩和する方法としては、下記のような3つの手段が考えられる。

(1) 半導体装置製造時、治具に林立仮設するウエハの間隔を従来に比較して広くしたり、ウエハに加わる熱の影響を緩和する。すなわち、ウエハ1を熱処理する際、ウエハ1は第10図に示されるように、ボート等と称される熱処理用治具26上に一定の間隔pを隔てて林立状態で取り付けられる。そして、この状態で炉芯管からなる熱処理炉27に挿入されて所望の熱処理が施される。前記ウエハ1の間隔pは、従来、たとえば直径5インチのウエハの場合5mm程度であるが、これをその倍の10mm程度とする。ウエハ1の間隔が5mm程度と狭いと、ウエハ1の周辺部分は熱処理炉27によって急速に温度上昇するが、ウエハ1の中央部分は隣接するウエハが熱の遮蔽体として作用するため、温度上昇はウエハ周辺部分に比較して遅くなり、温度差大なる故にウエハ周辺部には大きな熱応力が作用し、熱応力転位が発生

し易くなる。しかし、本実施例のように、ウエハ1の間隔pを従来の略2倍の10mm程度とすれば、ウエハの中央部分とその周辺部分との間での加熱温度差は大きくならず、熱応力発生が緩和され、格子間酸素濃度が $10.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3 \sim 1.2 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ となるウエハ(基板)の使用も可能となる。

なお、この作用は熱処理用治具26が熱処理炉27から引き出され、熱処理用治具26上のウエハ1が冷却される際も作用し、ウエハ周辺の中央部との温度差による熱応力転位発生を抑制できる。

(2) 処理炉へのウエハの挿入速度を従来に比較して遅くし、ウエハに加わる熱の影響を緩和する。たとえば、前記熱処理用治具26を加熱炉25に挿入する速度および熱処理用治具26を加熱炉25から搬出する速度も、たとえば、従来の10cm/分から2倍の20cm/分とし、各ウエハにおいてその周辺部分と中央部分で大きな温度差を生じさせないようにして、ウエハ周辺部での熱応力転位の発生を抑制する。

(3) ウエハの挿入時の処理炉の温度を従来に比較して低く設定することによって、ウエハに加わる熱の影響を緩和する。たとえば、前記加熱炉25は熱処理用治具26が挿入される時点では、実際の処理温度よりも低い待機温度(スタンバイ温度)となっている。そして、スタンバイ温度で熱処理用治具26が加熱炉25内に挿入されると、加熱炉25は処理温度まで引き上げられる。また、加熱炉25から熱処理用治具26が搬出される際も、加熱炉25は処理温度からスタンバイ温度に引き下げられる。したがって、本実施例ではこのスタンバイ温度も従来よりも低くし、ウエハ周辺の熱応力転位の発生を抑えるようにする。たとえば、従来処理温度が1200℃でスタンバイ温度が1000℃とするならば、このスタンバイ温度を800℃程度と低くする。

なお、前記各実施例において、強度維持層4は第5図のグラフでも分るように、酸素析出が生じ難い濃度(格子間酸素濃度)、すなわち、 $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後以下とする。

特開平 80531 (9)

第11図は本発明の他の実施例によるウエハを示す模式的断面図である。この例では、初期酸素濃度（格子間酸素濃度）が $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 程度以下の場合、酸素析出量が少ない。したがって、格子間酸素濃度が $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 前後以下と格子間酸素濃度の低いシリコン単結晶板28を、格子間酸素濃度の高いシリコン単結晶板29に張り付けて一枚のウエハ1を構成させてある。前記格子間酸素濃度の高いシリコン単結晶板29の厚さは数100 $\mu\text{m}$ 、格子間酸素濃度の低いシリコン単結晶板28の厚さは100 $\mu\text{m}$ 前後となっている。なお、第11図において結晶欠陥2は点々で示されている。

この例では、半導体装置（半導体素子）の製造時、下の格子間酸素濃度の高いシリコン単結晶板29が汚染物質をゲッターリングするとともに、ウエハ1の主面表層部は酸素の析出がなく、結晶欠陥を発生させない格子間酸素濃度の低いシリコン単結晶板28で形成されていることから、特性の安定した半導体装置を製造することができる。

間酸素濃度は $8 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 程度と低くしてあるため、半導体装置の製造でウエハに対してイントリンシックゲッターリング処理を行った場合、ウエハの周辺では酸素の析出が殆ど発生せず、その後の熱処理工程でもウエハ周辺には結晶欠陥が発生しなくなり、ウエハ周辺の強度低下を阻止できることになり、結果としてウエハの強度低下を抑制できる。したがって、ウエハの割れ、欠けが防止でき、品質の優れた半導体装置を高歩留りで製造できる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例によって製造されたウエハの模式的平面図、

第2図は同じく模式的断面図、

第3図は同じくウエハ製造におけるシリコン単結晶板製造状態を示す断面図、

第4図は同じくシリコン単結晶板を示す断面図、

第5図は同じくウエハを熱処理した際の酸素析出量の初期酸素濃度依存性を示すグラフ、

第6図は本発明によるウエハを使用して半導体

また、ウエハ1の主面表層部の格子間酸素濃度の低いシリコン単結晶板28に酸素の析出がなく、結晶欠陥も発生しないため、機械的強度の低下を抑制でき、ウエハ1の割れ欠け防止が図れるため、歩留りの向上が達成できる。

以上の説明では主として本発明者によってなされた発明をその背景となった利用分野であるシリコン単結晶を用いたバイポーラ・トランジスタやCMOSの製造技術に適用した場合について説明したが、それに限定されるものではない。

本発明は少なくともシリコン単結晶を用いる半導体の半導体装置やICには適用できる。

#### 〔発明の効果〕

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、下記のとおりである。

すなわち、本発明のウエハは、イントリンシックゲッターリング処理が適用できるように、基板の格子間酸素濃度を $9.5 \times 10^{11} \text{ atoms/cm}^3$ 程度としているが、基板周辺の表層部の格子

装置を製造した場合におけるウエハ内部の結晶欠陥の発生状態を示す模式的断面図、

第7図は同じく主面にスリップラインが発生しない状態を示すウエハの模式的平面図、

第8図は本発明の他の実施例によるウエハの製造を示す模式的断面図、

第9図は本発明の他の実施例によって製造されたウエハを示す模式的断面図、

第10図は本発明の他の実施例による半導体装置の製造方法を示す一部の模式的断面図、

第11図は本発明の他の実施例によるウエハを示す模式的断面図、

第12図は従来のウエハを使用して半導体装置を製造した場合におけるウエハ内部の結晶欠陥の発生状態を示す模式的断面図、

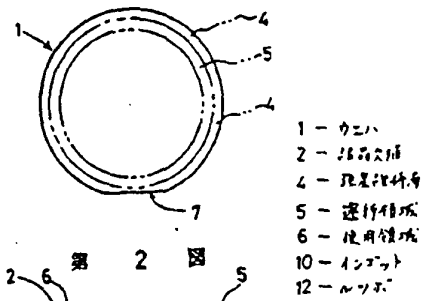
第13図は同じくウエハの主面に現れたスリップラインを示す模式的平面図である。

1・・・ウエハ（基板）、2・・・結晶欠陥、3・・・スリップライン、4・・・強度維持層、5・・・遷移領域、6・・・使用領域、7・・・

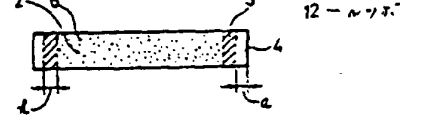
オリエンテーションフラット、10・・・インゴット（シリコン単結晶体）、11・・・種結晶、12・・・ルツボ、13・・・シリコン融液（溶融液）、14・・・引上軸、15・・・単結晶体、17・・・小径部、18・・・コーン部、19・・・直胴部、20・・・尾部、21・・・強制対流、22・・・自然対流、25・・・加熱炉、26・・・熱処理用治具、27・・・熱処理炉、28・・・格子間酸素濃度の低いシリコン単結晶板、29・・・格子間酸素濃度の高いシリコン単結晶板。

代理人 弁理士 小川勝男

第 1 図

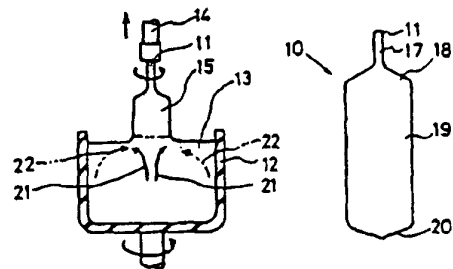


第 2 図

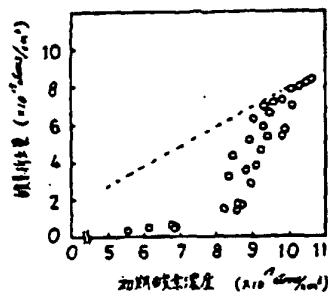


第 3 図

第 4 図



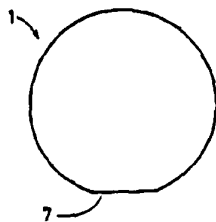
第 5 図



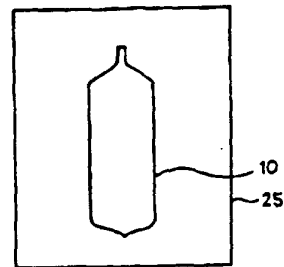
第 6 図



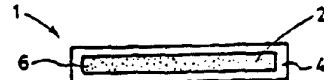
第 7 図



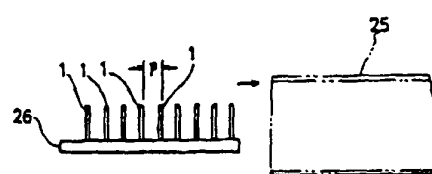
第 8 図



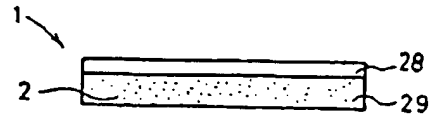
第 9 図



第 10 図



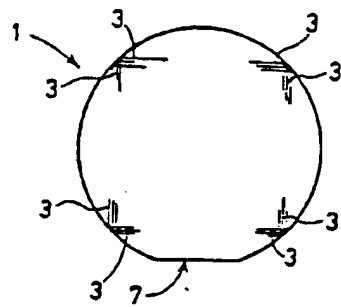
第 11 図



第 12 図



第 13 図



3-スリットライン